



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Übersetzung der
europäischen Patentschrift**

② **EP 0852818 B 1**

⑩ **DE 696 20 206 T 2**

⑥ Int. Cl.⁷:
H 01 L 33/00
H 01 L 27/15
G 01 M 11/00

②	Deutsches Aktenzeichen:	696 20 206.9
⑥	PCT-Aktenzeichen:	PCT/GB96/02374
⑨	Europäisches Aktenzeichen:	96 931 903.7
⑧	PCT-Veröffentlichungs-Nr.:	WO 97/13282
⑥	PCT-Anmeldetag:	26. 9. 1996
⑧	Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung:	10. 4. 1997
⑧	Erstveröffentlichung durch das EPA:	15. 7. 1998
⑧	Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA:	27. 3. 2002
④	Veröffentlichungstag im Patentblatt:	24. 10. 2002

③ Unionspriorität:
9519897 29. 09. 1995 GB

⑦ Patentinhaber:
QinetiQ Ltd., London, GB

⑦ Vertreter:
Beetz & Partner, 80538 München

⑧ Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, ES, FR, IT, NL, SE

⑦ Erfinder:
ASHLEY, Timothy, Malvern, Worcs WR14 3PS, GB;
ELLIOTT, Thomas, Charles, Malvern, Worcs WR14
3PS, GB; GORDON, Thomson, Neil, Malvern, Worcs
WR14 3PS, GB

⑤ **DYNAMISCHER INFRAROT-SZENEPROJEKTOR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 696 20 206 T 2

DE 696 20 206 T 2

11.08.00

EP 0 852 818

Die vorliegende Erfindung betrifft einen dynamischen Infrarotbildprojektor (DIRSP) zur Verwendung bei der Prüfung von Infraroterfassungssystemen.

Infraroterfassungssysteme fallen im allgemeinen entweder in die Kategorie der thermischen Bilderzeugungssysteme, bei denen einem Betrachter ein Infrarotbild präsentiert wird, oder der Suchsysteme, bei denen von einem Computer direkt auf Informationen von einer Brennebene reagiert wird. Gegenwärtig werden dynamische Infrarotbildprojektoren (DIRSP), die auch als thermische Bilderzeugungsvorrichtungen bekannt sind, für die dynamische Prüfung dieser Infrarotbrennebenen-Detektoranordnungssysteme verwendet.

Es ist entscheidend, daß jedes Infrarotsystem einer statischen Prüfung unterzogen wird, um die Leistungskapazitäten, wie die minimale auflösbare Temperaturdifferenz (MRTD), die rauschäquivalente Temperaturdifferenz (NETD) und die räumliche Auflösung (MTF), zu überprüfen und jede Verschlechterung des Systems mit der Zeit zu überwachen. Eine derartige Prüfung erfordert die Simulation einer oder mehrerer thermischer Szenen, typischer Weise mit veränderlichen Temperaturdifferenzen und räumlichen Frequenzen. Eine existierende Einrichtung zum Ausführen dieser Prüfungen nutzt eine Pseudo-Schwarzkörperquelle mit elektrisch erwärmten Bereichen oder Balken mit verschiedenen Temperaturen. Die Temperaturdifferenz zwischen den Balken kann verändert werden, um die MRTD und die NETD festzustellen, während die MTF anhand der offensichtlichen Größe der Struktur bestimmt wird. Typischer Weise umfassen die Quellen erwärmte Balken mit einer Größe von mehreren Zentimetern, die ein niedriges Frequenzansprechverhalten auf-

11.08.02

2

weisen und daher nicht für eine dynamische Prüfung von Infrarotfassungssystemen verwendet werden können.

Eine dynamische Prüfung ist bei allen Infrarotfassungssystemen und insbesondere bei Raketensuchsystemen zur Prüfung des Funktionierens des gesamten Systems einschließlich des Infrarotdetektors, der Optik, der Signalverarbeitung, der kardanischen Lagerungen und der Verfolgungsalgorithmen sinnvoll. Die Anforderung ist die Simulation und Projektion einer zweidimensionalen Infrarotszene, die mit einer Rahmengeschwindigkeit von bis zu einem kHz verändert werden kann. Typischer Weise können Temperaturbereiche von bis zu 350°C erforderlich sein.

Derzeit sind keine DIRSP-Systeme erhältlich, die den Anforderungen entsprechen. Eine Klasse in Entwicklungsstadium befindlicher, herkömmlicher DIRSP-Systeme basiert auf zweidimensionalen Anordnungen widerstandserwärmter Pixel, die durch integrierte Siliciumschaltkreise angetrieben werden. Derartige Systeme streuen jedoch eine erhebliche und unerwünschte Wärmemenge, und die maximal erzielbare Rahmengeschwindigkeit beträgt ca. 100 Hz. Überdies enthalten wirkliche thermische Szenen häufig Objekte, die im Vergleich zur Umgebungstemperatur sehr kalt sind, was auf den kalten Himmel zurückzuführen ist, der vom Detektor sowohl direkt als auch als Reflexionen von Metallobjekten in der Szene gesehen wird. Widerstandsprojektoranordnungen sind nicht zur Simulation derartiger kalter Temperaturen geeignet, wenn keine kostspielige und umfangreiche kryogenische Kühlanlage verwendet wird.

Im US-Patent 5214 292 ist eine dynamische Infrarotbildanzeige mit einer Anordnung erwärmter, Infrarotstrahlung emittierender Elemente offenbart, bei denen eine Anordnung von Mikrolinsen-

11.05.02

3

strukturen mit den Elementen gekoppelt ist. Wieder ist diese Anzeige ohne eine zusätzliche Kühleinrichtung nicht zur Simulation sehr kalter Temperaturen geeignet.

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung von Infrarotlicht emittierenden Dioden zur Verwendung als dynamischer Infrarotbildprojektor zur Prüfung von Infraroterfassungssystemen. Die Vorrichtung findet insbesondere bei der Prüfung von Wärmebildzeugungssystemen oder Suchsystemen Verwendung. Die Licht emittierenden Dioden sind Vorrichtungen mit einer Heterostruktur, die eine negative Lumineszenz emittieren können. Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise im US-Patent 5016073 beschrieben. Auch in T. Ashley et al., "Proc. Of the 7th Int. Conf. On II - VI Compounds and Devices", Edinburgh, UK, veröffentlicht im Journal of Crystal Growth, Bd. 159, Nr. 1 - 4 (Feb. 1996) sind auf InAlSb- und HgCdTe-Materialsystemen basierende Infrarotlicht emittierende Dioden beschrieben.

Durch die Erfindung werden mehrere der Probleme gelöst, die die herkömmlichen Systeme betreffen. Die Energiestreuung ist beispielsweise geringer, wodurch die Notwendigkeit einer übermäßigen Kühlung verringert wird, und die grundlegende Schaltgeschwindigkeit der Elektrolumineszenz ist so, daß sehr schnelle Rahmengeschwindigkeiten möglich sind. Überdies können durch die Verwendung der negativen Lumineszenz kalte Szenentemperaturen simuliert werden, die erheblich unter der Umgebungstemperatur liegen.

Erfindungsgemäß umfaßt eine Vorrichtung zur Verwendung als dynamischer Infrarotbildprojektor zur Prüfung von Infraroterfassungssystemen

11.08.02

4

eine Anordnung von Infrarotlicht emittierenden Dioden, die zum Emittieren von positiver und negativer Lumineszenz geeignet sind, und

eine Einrichtung zur unabhängigen Zufuhr von Strömen sowohl mit positiver als auch mit negativer Polarität zu jeder Infrarotlicht emittierenden Diode,

wodurch von jeder Diode positive und negative Lumineszenz emittiert werden kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform emittieren und absorbieren die Dioden Strahlung im Wellenlängenbereich von 3 - 5 μm oder 8 - 13 μm .

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform basieren die Dioden auf einem Halbleitermaterial mit schmaler Bandlücke.

Die Dioden können auf Quecksilber-Cadmium-Tellurid-Materialien ($\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Materialien), Indium-Aluminium-Antimon-Materialien ($\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ -Materialien), Quecksilber-Zink-Tellurid-Materialien ($\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ -Materialien) oder Indium-Thallium-Antimon-Materialien ($\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$ -Materialien) basieren, wobei x die Zusammensetzung bezeichnet.

Die Vorrichtung kann eine Anordnung optischer Konzentratoren auf der Oberfläche der Dioden umfassen.

Die Vorrichtung kann eine Anordnung von Winston-Kegeln auf der Oberfläche der Dioden umfassen.

Die Vorrichtung kann eine Anordnung von Linsen auf der Oberfläche der Dioden umfassen.

Die Erfindung wird im folgenden lediglich beispielhaft anhand der folgenden Figuren beschrieben. Es zeigen:

11.05.02

5

Figur 1 ein schematisches Diagramm eines Systems zur Prüfung eines grundlegenden Wärmebilderzeugungssystems, dessen Konstruktion gemäß dem Stand der Technik bekannt ist;

Figur 2 ein schematisches Diagramm einer Anordnung elektrolumineszierender Dioden, wie sie bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden;

die Figuren 3 und 4 schematische Diagramme der mehrschichtigen Diodenstrukturen, die bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden können;

Figur 5 das Spektrum der von einer InSb-Vorrichtung bei einer Durchlaß- und einer Sperrichtungsvorspannung emittierten Strahlung;

Figur 6 das negative Lumineszenzspektrum und das spektrale Ansprechverhalten einer $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Vorrichtung bei einer Sperrichtungsvorspannung;

Figur 7 ein schematisches Diagramm einer typischen Immersionsoptikanordnung, die für die Vorrichtung verwendet werden kann;

Figur 8 ein schematisches Diagramm einer typischen Anordnung von Winston-Kegeln, die als optische Konzentratoren für die Vorrichtung verwendet werden können;

Figur 9 ein Diagramm einer elektronischen Schaltung, die zur Zufuhr von Strömen sowohl mit einer positiven als auch mit einer negativen Polarität zu der Diodenanordnung verwendet werden kann; und

Figur 10 ein Blockdiagramm der Zeilen-/Spalten-Adressierschaltung für die Diodenanordnung.

11.05.02

6

Gemäß Figur 1 umfaßt ein typisches thermisches Bilderzeugungssystem eine Anordnung von Infrarotdetektoren 1 und eine zugehörige Linse oder Linsenanordnung 2. Der dynamische Infrarotbildprojektor umfaßt eine Projektorenanordnung 3 und eine zugehörige Linse oder Linsenanordnung 4. Die Steuerungselektronik für die Projektorenanordnung und die Detektoranordnung sind ebenfalls gezeigt. Die Anordnung von Infrarotdetektoren 1 kann beispielsweise eine Anordnung ohmscher, bolometrischer Detektoren oder eine Anordnung photovoltaischer Detektoren sein. Bei existierenden Systemen kann die Projektorenanordnung 3 eine zweidimensionale Anordnung von Widerständen sein, die von einem integrierten Siliciumsystem angetrieben werden. Bei derartigen Systemen treten jedoch mehrere inhärente Probleme auf. Sie können beispielsweise nur mit niedrigen Rahmengeschwindigkeiten (- 100 Hz) betrieben werden und nur mit einer übermäßigen kryogenischen Kühlung eine Simulation kalter Temperaturen ausführen. Sie streuen auch eine erhebliche und unerwünschte Wärmemenge.

Bei der vorliegenden Erfindung ist die Projektorenanordnung 3 eine Anordnung Infrarotlicht emittierender Diodenstrukturen, die sowohl positive als auch negative Lumineszenz emittieren können. Ein einfaches Diagramm einer Anordnung von lumineszenten Dioden (die auch als elektrolumineszente Dioden bezeichnet werden) ist in Figur 2 schematisch gezeigt. Die Anordnung kann eine beliebige Anzahl an Diodenelementen (oder Pixeln) 5 umfassen, wobei die optimale Anzahl von der der Elemente der geprüften Infrarotdetektoranordnung abhängt. Zur Vereinfachung ist eine Anordnung mit fünf Zeilen (6) und fünf Spalten (7) gezeigt, obwohl die Anordnung in der Praxis wesentlich größer wäre. Im allgemeinen sollte die Anzahl der Pixel der Projektorenanordnung zumindest mit der der geprüften

11.08.02

7

Detektoranordnung übereinstimmen und betrüge im Idealfall das Vierfache der der Detektoranordnung (d.h. das Doppelte in jeder Richtung, der der Zeilen und der der Spalten), um einen Alias-Effekt zu vermeiden. Weist ein Infrarotfassungssystem beispielsweise eine Anordnung von $256 \cdot 256$ InSb-Detektoren auf, würde vorzugsweise mit einer Anordnung von $512 \cdot 512$ Projektoren gearbeitet.

Ein dynamischer Infrarotbildprojektor mit elektrolumineszenten Diodenstrukturen hat gegenüber existierenden Systemen, für die zweidimensionale Widerstandsanordnungen verwendet werden, mehrere Vorteile. Durch die Nutzung der negativen Lumineszenz derartiger Vorrichtungen ist es beispielsweise möglich, ohne die bei existierenden Systemen erforderliche, übermäßige Kühlung kalte Temperaturen zu simulieren. Derartige lumineszierende Anordnung ermöglichen auch die Anwendung schnellerer Bildrahmengeschwindigkeiten als den mit existierenden Systemen erreichbaren.

Die Figuren 3 und 4 zeigen jeweils schematische Diagramme der Diodenstrukturen aus $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ und $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$, wobei x die Zusammensetzung bezeichnet. Ursprünglich wächst die Struktur epitaktisch auf einem geeigneten Substrat. Die Anordnung wird unter Verwendung von Standardtechniken, wie Mesa-Ätzen oder Ionenstrahlfräsen, auf dem Substrat erzeugt. Diese Techniken sind Fachleuten bekannt.

Gemäß Figur 3 kann die gezeigte Vorrichtung auf dem InSb/ $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ -System basieren und eine vierschichtige $p^+-p^+-\pi-n$ -Struktur 8 aufweisen, wobei die p^+ -Schicht aus $\text{In}_{0,85}\text{Al}_{0,15}\text{Sb}$ besteht. Das Beispiel dient lediglich Veranschaulichungszwecken, und die Vorrichtung kann tatsächlich eine Reihe von Zusammensetzungen und Kombinationen von Dotierungspegeln aufweisen. Die

11.08.02

8

Struktur kann durch molekulare Strahlenepitaxie auf einem InSb-Substrat 9 erzeugt werden, wobei die entsprechende Technik Fachleuten bekannt ist [T. Ashley et al., Semicond. Sci. Tech. 8 S386 (1993)].

Der Zweck der p⁺-Schicht 10 ist das Erzeugen eines geringen Widerstands, eines geringen Injektionskontakts zum In_{0,85}Al_{0,15}Sb-Bereich 8. Der n⁺-Bereich 11 ist 1 µm dick und mit Silicium (Si) auf einen elektrischen Pegel von $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert. Der p⁺-Bereich 10 und der p⁺-Bereich 8 sind mit Beryllium (Be) auf einen Pegel von $2 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ dotiert und haben jeweils eine Dicke von 1 µm und 200 Å. Die Zusammensetzung x der In_{1-x}Al_xSb-Barriere 8 beträgt 0,15. Der mittlere π-Bereich 12 ist 1,3 µm dick und nicht absichtlich dotiert. Mittels Mesa-Ätzen des p⁺-Bereichs werden kreisförmige Dioden mit einem Durchmesser von 300 µm erzeugt. Auf die Oberseite jeder Mesa-Struktur und auf den p⁺-Bereich 10 werden gesputterte Chrom-/Gold-Kontakte 13 aufgebracht. Die von der Mesa-Struktur emittierte Infrarotstrahlung 14 ist ebenfalls dargestellt. Die Oberflächen der Struktur können mit einer (nicht dargestellten) Antireflexionsbeschichtung, beispielsweise 0,7 µm Zinnoxid, beschichtet sein.

Gemäß Figur 4 basiert die Vorrichtung auf einem Hg_{1-x}Cd_xTe-System und hat eine dreischichtige p⁺-p-n⁺-Struktur. Die Struktur kann unter Verwendung des interdiffundierenden, mehrschichtigen Prozesses durch metallisch-organische Dampfphasenepitaxie auf einem GaAs-Substrat erzeugt werden [S.J.C. Irvine et al., Materials Letters 2, 305 (1984)]. Diese Technik ist Fachleuten bekannt. Bei dem Beispiel hat die Hg_{1-x}Cd_xTe-Vorrichtung eine Zusammensetzung x von 0,184 im aktiven π-Bereich 15, und es gelten x = 0,35 i p⁺-

11.08.02

9

Bereich 16 und $x = 0,23$ im n^+ -Bereich 17. Die π - und die p^+ -Schicht sind jeweils mit Arsen auf Pegel von $7 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ und $1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ dotiert, und der n^+ -Bereich ist mit Jod auf einen Pegel von $3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ dotiert. Die Diodenstrukturen werden durch Ätzen von kreisförmigen Rillen als Monolith aus dem Material definiert, wodurch lineare Anordnungen mit der erforderlichen Anzahl an Elementen mit einem gemeinsamen Kontakt 18 zum p^+ -Bereich erzeugt werden. Die gesamte Mesa-Vorrichtung wird dann mit (nicht dargestelltem) Zinksulfid mit einer Dicke von ca. $0,3 \mu\text{m}$ passiviert und mit Chrom/Gold metallisiert. Ein typischer Mesa-Durchmesser wäre $45 \mu\text{m}$. Der elektrische Kontakt 19 mit den Mesas kann durch Indium-Anschlußbonden der Anordnung auf ein Muster 20 auf einem Saphirträger 21 mit Goldanschlüssen hergestellt werden. Diese Technik ist Fachleuten bekannt.

Der Wellenlängenbereich, über den die Wärmebildkamera arbeitet, bestimmt die zur Verwendung in der lumineszenten Diodenanordnung geeignete Materialstruktur. Auf $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ - oder $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ -Materialien basierende Diodenstrukturen emittieren Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich von $3 - 5 \mu\text{m}$. Auf $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Materialien basierende Vorrichtungen können auch Strahlung im Wellenlängenbereich von $8 - 13 \mu\text{m}$ abgeben. Alternativ können die Diodenstrukturen aus anderen Halbleitermaterialien mit schmaler Bandlücke, beispielsweise aus $\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ oder $\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$ ausgebildet sein.

Zur Veranschaulichung des Phänomens der negativen Lumineszenz sind in Fig. 5 die Spektren der von einer InSb-Vorrichtung sowohl bei einer Durchlaßvorspannung 22 als auch bei einer Sperrichtungsvorspannung 23 emittierten Strahlung gezeigt. Das Minimum des Lumineszenzspektrums 24 tritt bei $6,0 \mu\text{m}$ auf, während

die Spitze des positiven Lumineszenzspektrums 25 bei $5,8\mu\text{m}$ auftritt. Die gestrichelten Linien 26 zeigen theoretische Berechnungen für die Nettostrahlungsrekombination von Band zu Band.

Figur 6 zeigt das negative Lumineszenzemissionsspektrum 27 einer $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Vorrichtung bei einer Sperrichtungsvorspannung. Bei einer Wellenlänge von ca. $8,5\mu\text{m}$ ist eine einzige Spitze 28 mit einem langen Wellenlängenschwanz zu sehen, der sich bis über $10\mu\text{m}$ hinaus erstreckt. Die Figur zeigt auch das spektrale Ansprechverhalten der Vorrichtung 29 bei deren Verwendung als Detektor (Betrieb im invertierten Modus).

Die bei Infraroterfassungssystemen häufig erforderlichen, verhältnismäßig großen Anordnungen haben vergleichsweise starke elektrische Ströme. InSb-Vorrichtungen mit einer für eine effektive negative Lumineszenz geeigneten π -Schichtdicke haben beispielsweise eine invertierte Sättigungsstromdichte im Bereich von $15 - 20\text{ A cm}^{-2}$. Es ist wünschenswert, diesen Wert zu minimieren, während ein hoher Lumineszenzausgang aufrechterhalten wird. Dies kann durch die Verwendung von Konzentratoren erreicht werden.

Gemäß Figur 7 werden beispielsweise durch Ionenstrahlfräsen Linsen 30 mit einem Krümmungsradius von $120\mu\text{m}$ in degenerativ dotiertem InSb erzeugt. Die Technik des Ionenstrahlfräsens zu diesem Zweck ist Fachleuten bekannt. Die Linsen können aus einer Reihe von Materialien hergestellt werden. Bei auf einer $\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ -Struktur basierenden Vorrichtungen werden die Linsen zum Beispiel vorzugsweise aus InSb und bei auf einer $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Struktur basierenden Vorrichtungen vorzugsweise aus CdTe oder CdZnTe gefertigt.

Bei diesem Beispiel haben die Elemente 5 der Diodenanordnung (die emittierenden Bereiche) einen Durchmesser von $20\mu\text{m}$.

Die Ausgangsstrahlung 14 wird durch die Linsen 30 zu einem $f/2$ -Kegel gebündelt (wobei f die f -Zahl ist). Der Krümmungsradius jeder der Linsen ist so, daß die von jedem Diodenelement 5 emittierte Strahlung nicht auf die Diode zurück reflektiert, sondern in einer Vorwärtsrichtung auf die zu prüfende Detektoranordnung übertragen wird. Wird der Bereich, von dem die Strahlung emittiert wird, klein gehalten, wird der Strom in der Diodenstruktur verringert, während die Linsenanordnung sicherstellt, daß die Effizienz der negativen Lumineszenz hoch ist (die Effizienz der negativen Lumineszenz ist die Proportion der auf die vordere Fläche der Vorrichtung auftreffenden Infrarotstrahlung, die von der Diode 5 absorbiert wird). Die Diodenanordnung wird mittels einer Silicium-Multiplexerschaltung 31 angetrieben. Ein entsprechendes Beispiel ist nachstehend beschrieben.

Gemäß Figur 8 können die gewünschten Effizienzen und Stromdichten auch durch die Verwendung von Winston-Kegeln 32 erzielt werden. Bei diesem Beispiel unterliegt die von einer Diode 5 mit einem Durchmesser von $20\text{ }\mu\text{m}$ emittierte Strahlung 14 einer völligen internen Reflexion an den Wänden des Kegels 33, bevor sie schließlich die Oberfläche der Vorrichtung 34a erreicht. Die Oberfläche 34a kann die Oberfläche einer auf die Anordnung von Kegeln aufgebrachte Antireflexionsbeschichtung 34 sein. Der Kegel ist so geformt, daß die auf der Oberfläche 34a auftreffende, emittierte Strahlung 14 einen derartigen Winkel hat, daß sie übertragen statt reflektiert wird. Durch die Verwendung dieser Anordnung wird der Oberflächenbereich der emittierenden Region klein gehalten, wodurch ein niedriger Strom sichergestellt wird, während eine negative Lumineszenz mit hoher Effizienz erzielt wird. Mit dieser Anordnung

können Ströme erzielt werden, die einer mittleren Stromdichte von ca. 2 A cm^{-2} entsprechen.

Bei InSb-Vorrichtungen sind die Kegel in einem InSb-Substrat ausgebildet, und die Formung der Kegel erfolgt durch Ionenstrahlfräsen. Alternativ kann auch ein chemisches Ätzen zur Herstellung der Oberfläche auf diese Weise verwendet werden, wobei die Technik Fachleuten bekannt ist.

Ein Beispiel einer elektronischen Schaltung, die zur Zufuhr von Strom zu der Infrarotlicht emittierenden Diodenanordnung verwendet werden kann, ist in Figur 9 gezeigt. Zur Nutzung sowohl der positiven als auch der negativen Lumineszenz ist es entscheidend, daß eine Einrichtung zur Zufuhr von Strom mit beiden Polaritäten zu jedem Diodenelement oder Pixel 5 vorgesehen ist. An jede Diode wird abhängig davon, ob bei einem bestimmten Pixel die Emission positiver oder negativer Lumineszenz erforderlich ist, in jedem Moment entweder ein positiver oder ein negativer Strom angelegt. Dies ist ein entscheidendes Merkmal dieser Schaltung bzw. jeder anderen Schaltung, die für den Antrieb der Diodenanordnung verwendet wird.

Die Schaltung "C" wird bei jedem Pixel der Silicium-Addressierschaltung implementiert. Die Schaltung umfaßt eine digitale Zeilenadressenauswahlleitung 40 und eine digitale Spaltenadressenauswahlleitung 41, so daß jedes Pixel einzeln angesprochen werden kann. Jedem Pixel 5 sind zwei Feldeffekttransistoren (FETs) 42a und 42b zugeordnet, einer zur Zeilenauswahl und einer zur Spaltenauswahl. Eine externe, analoge Spannung wird über eine weitere Eingangsleitung 43 zugeführt und würde eine Metallverbindung mit 2 Pegeln erfordern. Die analoge Leitung führt gleichzeitig

einer gesamten Spalte eine Spannung zu, obwohl zu jedem Zeitpunkt nur ein Pixel angesprochen wird.

Die Schaltung umfaßt auch einen n-Kanal-Anreicherungs-FET 44, einen p-Kanal-Anreicherungs-FET 45, eine Kapazität 46 und ein Widerstandselement 47 zu Strombegrenzungszwecken. In der Praxis kann die Kapazität die Gatterkapazität der FETs 44 und 45 sein. Die Infrarotlicht emittierende Diode 5 ist ebenfalls in Beziehung zu dem Adressierschaltschema gezeigt. Die Charakteristika der zwei FETs sind Fachleuten allgemein bekannt und gehen aus der Beschreibung in "Physics of Semiconductor Devices" (2. Auflage) von Sze (John Wiley und Söhne, 1981) hervor.

Ein Blockdiagramm der Zeilen- und Spaltenadressierschaltung für eine einfache $5 \cdot 5$ - Anordnung ist in Figur 10 gezeigt. Die Schaltung "C" (siehe Figur 9) wird bei jedem Pixel 5 der Anordnung implementiert, wobei die Zeilenadressleitungen und die Spaltenadressleitungen jeweils durch 47 und 48 bezeichnet sind. In jedem Rahmenzyklus wählt das Zeilen- und einmal den ersten FET-Schalter aus und schließt ihn, um das Anlegen einer Ladung an die Kapazität 46 zu ermöglichen. Die Ladung der Kapazität steuert den Strom durch die Diode 5, bis das nächste Zurücksetzen initiiert wird. Wenn eine Spannung an die Kapazität 46 angelegt wird, die größer als ein Schwellenwert ist, wird der n-Kanal-Anreicherungs-FET 44 eingeschaltet und leitet Strom mit der Polarität, die eine negative Lumineszenz erzeugt, durch die Diode 5. Wenn eine Spannung an die Kapazität 46 angelegt wird, die niedriger als ein Schwellenwert ist, ist der n-Kanal-Anreicherungsmodus ausgeschaltet, und der p-Kanal-Anreicherungs-FET 45 wird eingeschaltet und leitet einen Strom durch die Diode 5, der eine Polarität aufweist, die eine positive Lumineszenz erzeugt. Zwischenpegel der an

die Diode angelegten Ladung ermöglichen die Verwendung von Zwischenpegeln der Lumineszenz bzw. von "Graustufen".

In der Praxis übertrifft die grundlegende Schaltgeschwindigkeit der elektrolumineszenten Dioden 1 MHz. Die Rahmengeschwindigkeiten, die mit einem derartigen System erzielt werden können, werden daher nicht durch die thermische Zeitkonstante jedes Pixels, sondern durch die Frequenz der Multiplex-Treiberschaltung bestimmt.

EP 0 852 818

ANSPRÜCHE

1. Vorrichtung zur Verwendung als dynamischer Infrarotbildprojektor zum Prüfen von Infraroterfassungssystemen mit einer Anordnung (3) aus Infrarotlicht emittierenden Dioden (5), die positive und negative Lumineszenz (14) emittieren können, und Treiberschaltungen (C) zur unabhängigen Zufuhr von Strömen sowohl mit positiver als auch mit negativer Polarität zu jeder Infrarotlicht emittierenden Diode (5), wodurch von jeder Diode (5) positive und negative Lumineszenz emittiert werden kann.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Dioden (5) Strahlung im Wellenlängenbereich von 3 - 5 μm emittieren und absorbieren.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Dioden (5) Strahlung im Wellenlängenbereich von 8 - 13 μm emittieren und absorbieren.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Dioden (5) aus einem Halbleitermaterial mit schmaler Bandlücke ausgebildet sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Dioden (5) auf einem Quecksilber-Cadmium-Tellurid-Materialsystem ($\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Te}$ -Materialsystem) basieren.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Dioden (5) auf einem Indium-Alluminium-Antimon-Materialsystem ($\text{In}_{1-x}\text{Al}_x\text{Sb}$ -Materialsystem) basieren.
7. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Dioden (5) auf einem Quecksilber-Zink-Tellurid-Materialsystem ($\text{Hg}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ -Materialsystem) basieren.
8. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Dioden Auf einem Indium-Thallium-Antimon-Materialsystem ($\text{In}_{1-x}\text{Tl}_x\text{Sb}$ -Materialsystem) basieren.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Anordnung aus optischen Konzentratoren auf der Oberfläche der Dioden (5).
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die optischen Konzentratoren Winston-Kegel (32) sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die optischen Konzentratoren eine Anordnung von Linsen (30) sind.

Fig.1 STAND DER TECHNIK

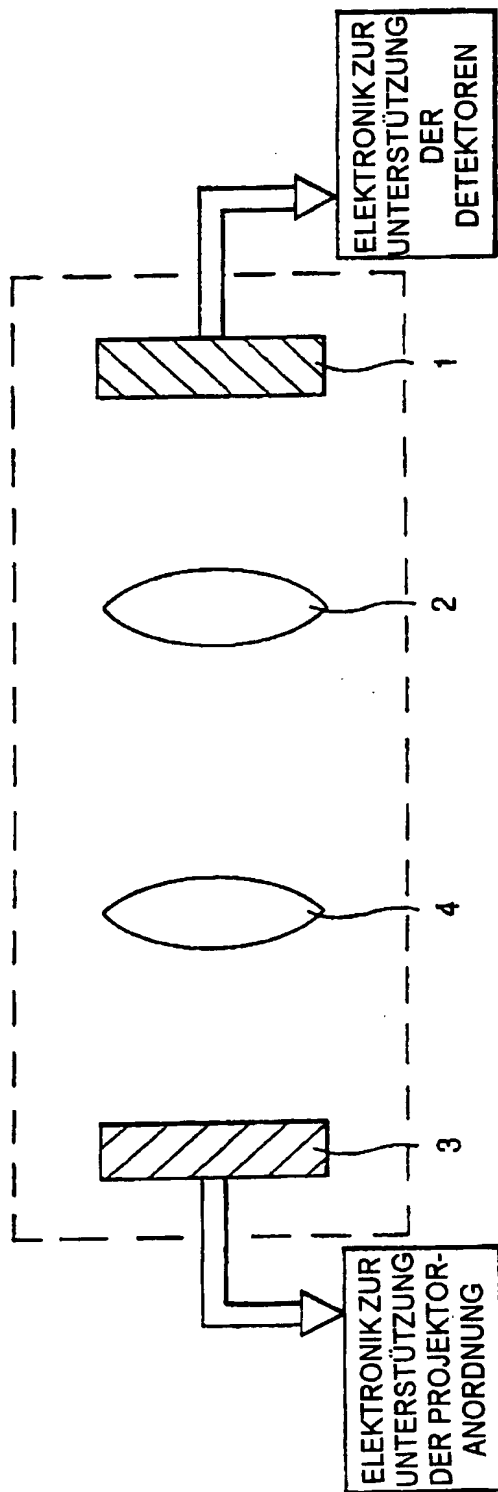


Fig.2

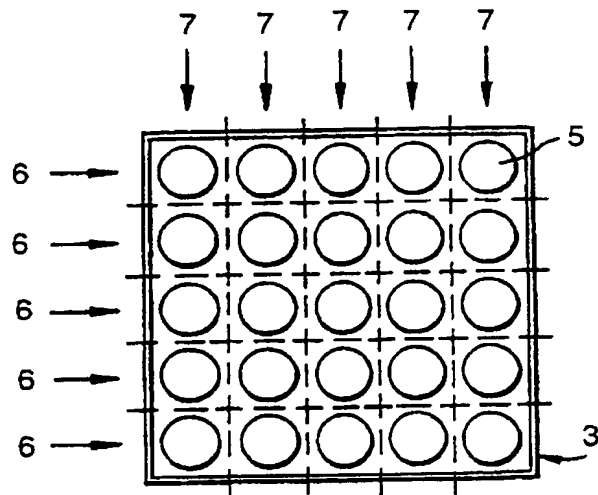


Fig.3

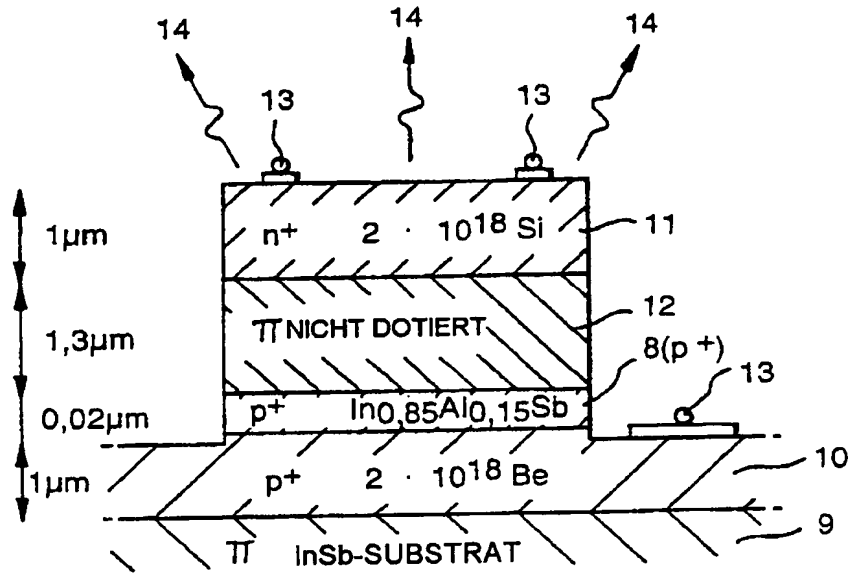
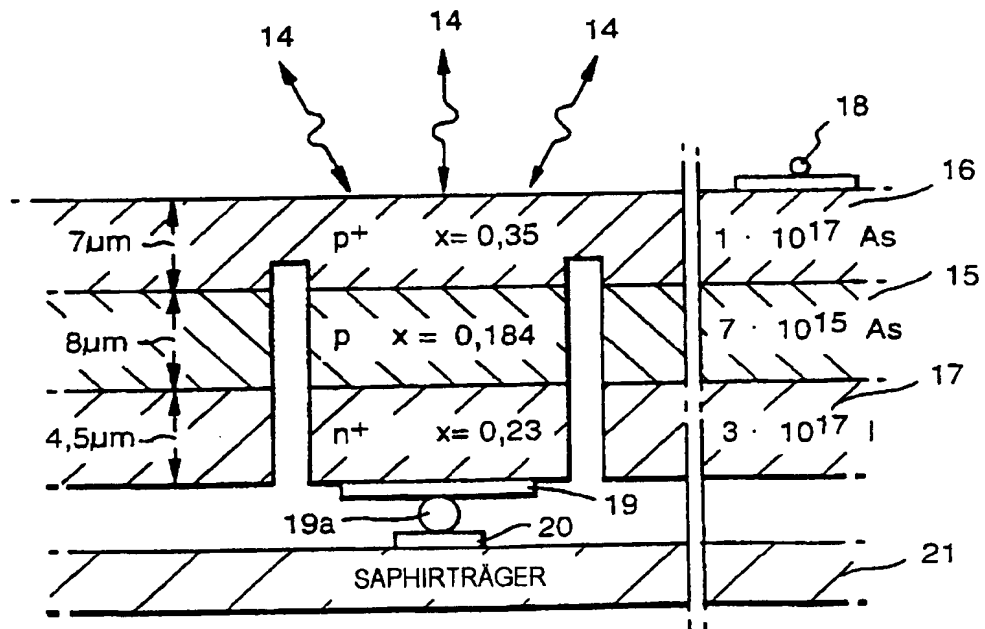
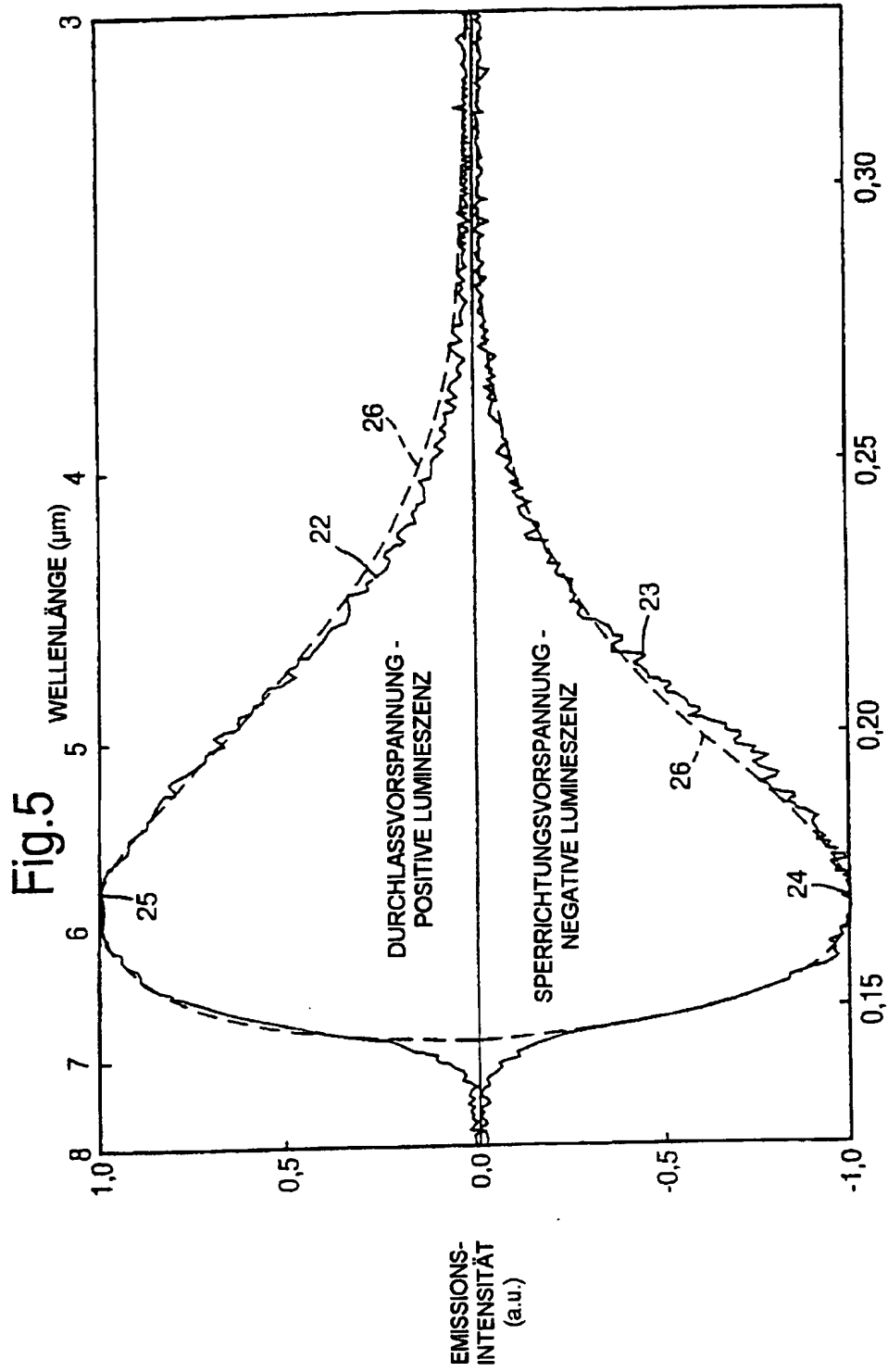


Fig.4





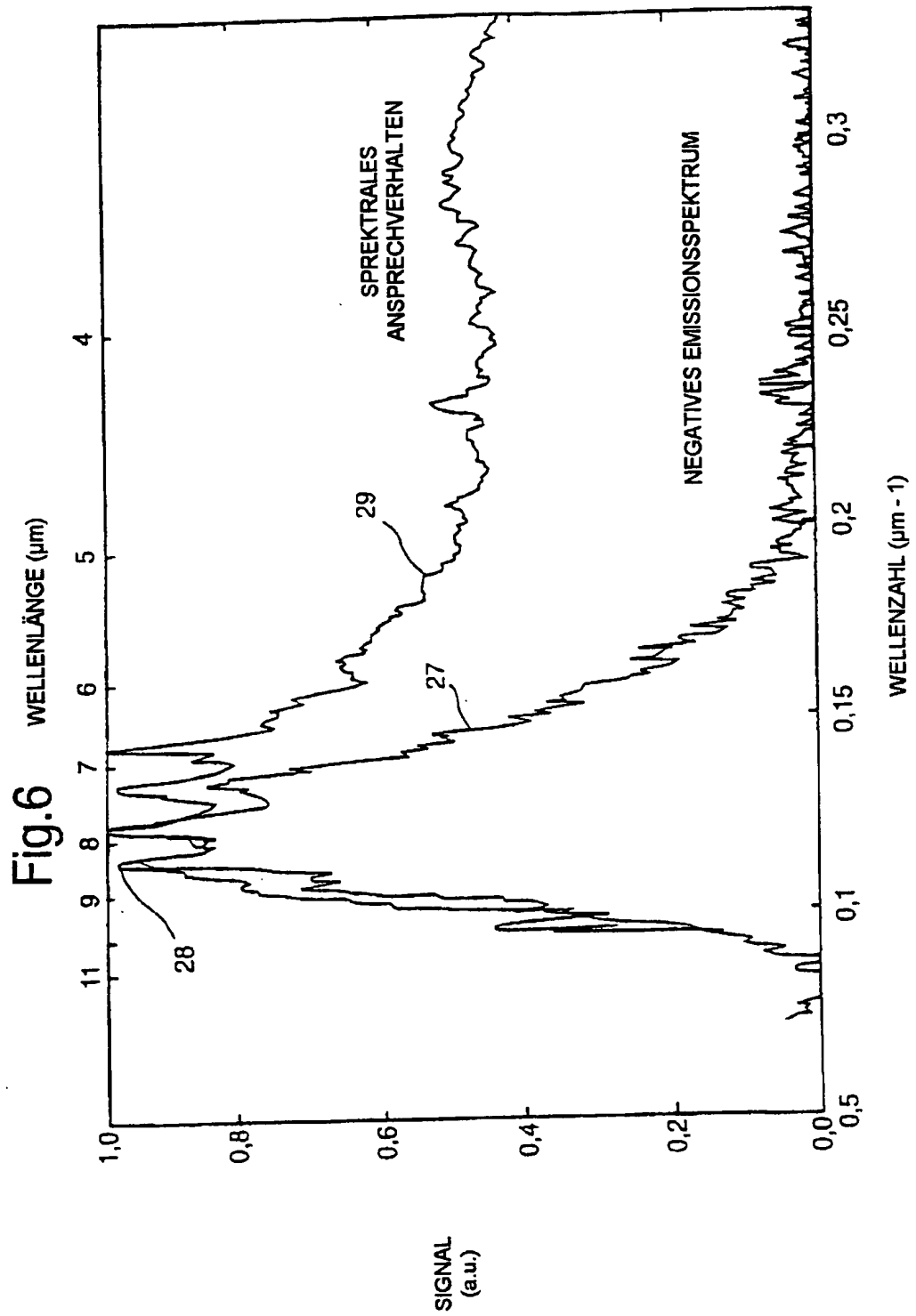


Fig.7 ¹⁴ ↑ AUSGANGSSTRAHLUNG EINES F/2-KEGELS ¹⁴ ↑

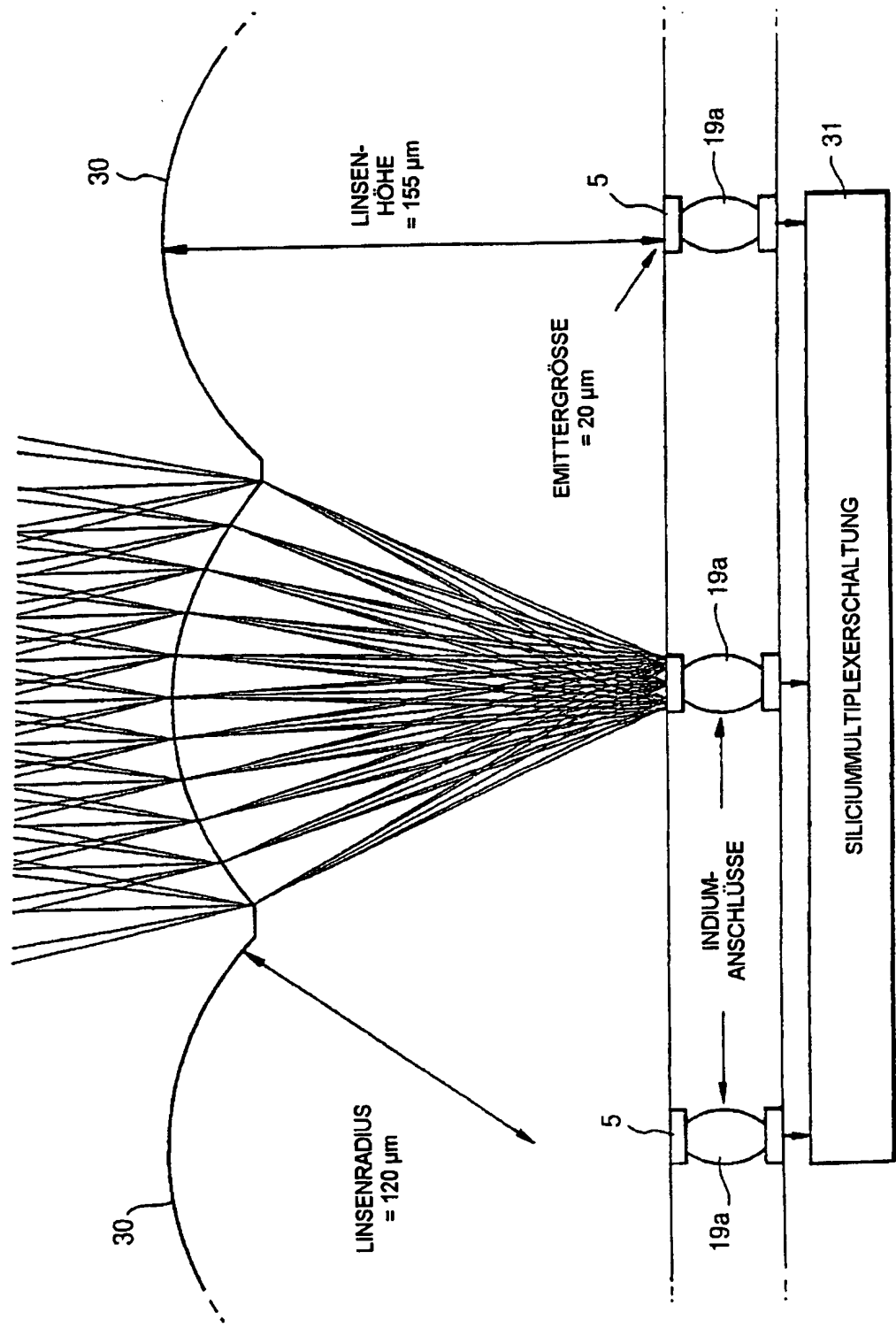


Fig.8

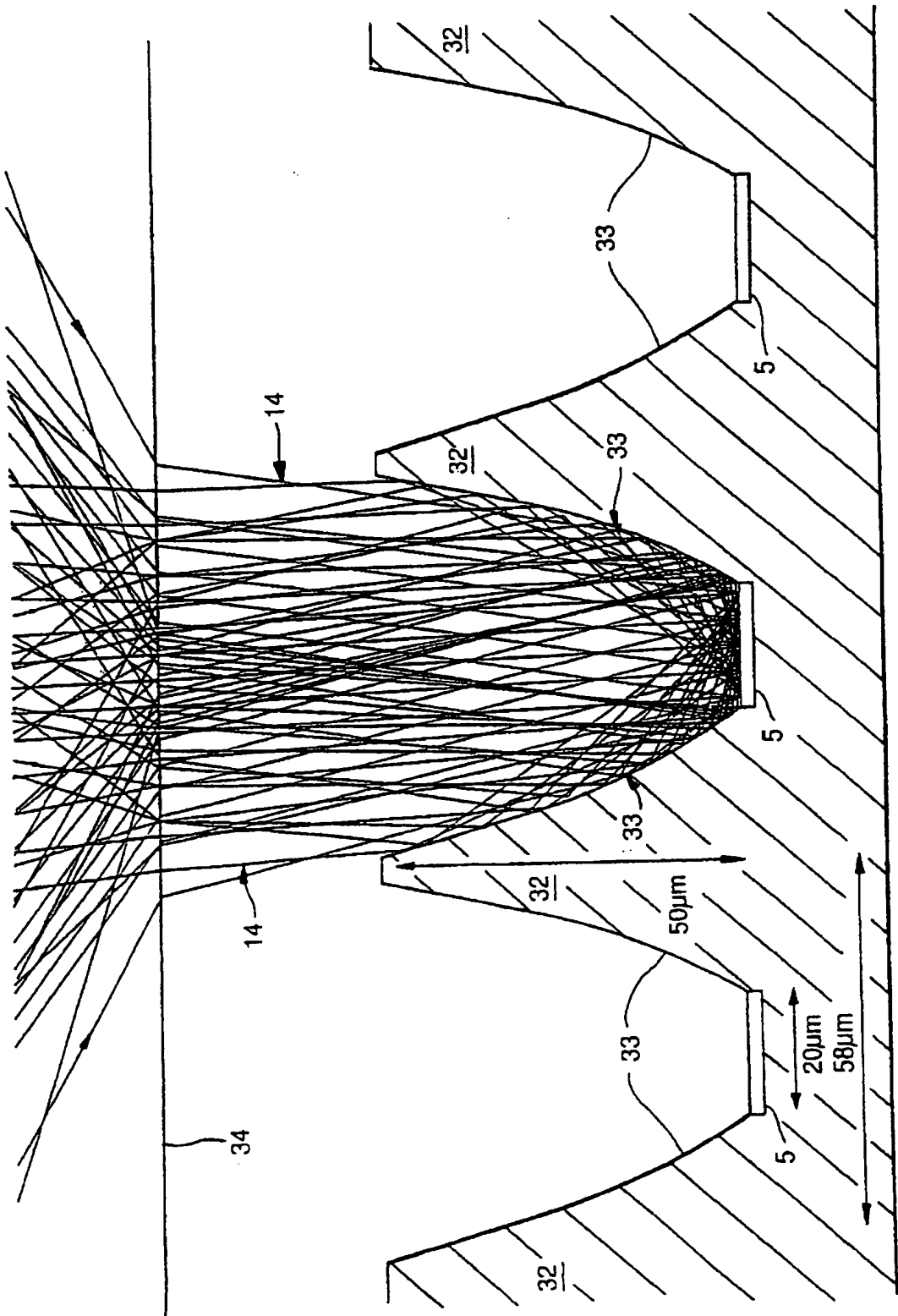


Fig.10

